

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОНОВОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ПЫЛИ ИЗ ТОРФА

Цельмович В.А., Корзинова А.С.

ГО «Борок» ИФЗ РАН, *tselm@mail.ru*

Разработана методика, позволяющая выделять из торфа и идентифицировать значительное количество частиц фоновой космической пыли (КП), в том числе предположительно межзвездной. Фоновая КП содержит в основном магнетитовые (Mt) микросферы и частицы самородных металлов. Чаще всего удавалось обнаружить самородное Fe и сплав FeCr. Изучение этих частиц иными методами позволит получить новые фундаментальные результаты о происхождении КП.

Сбор КП – интересная и очень сложная задача! Созданный для сбора КП корабль Stardust 6 лет улавливал мельчайшие частицы КП. Однако эта дорогостоящая миссия позволила получить очень малое количество КП – всего 7 частиц микронного размера. КП можно найти и на Земле. На поверхность Земли ежегодно падают тысячи тонн КП. Однако такая пыль быстро теряется среди земных частиц. Поиск крошечных космических сокровищ требует сбора пыли из сред, в которых представляется возможным отличить частицы КП земных частиц. Одной из таких сред являются торфяные отложения, которые хорошо аккумулируют КП. Наиболее эффективными для выделения из торфа КП являются магнитные методы.

Определение динамики поступления КП на земную поверхность проведено нами на основе исследования торфяных отложений в разных регионах. Поиск горизонтов, обогащенных минеральным (терригенным, либо космогенным) веществом, осуществлялся с помощью параметра Irs – остаточной намагниченности насыщения по мощности исследуемого керна. Затем, с помощью СЭМ «ТЕСКАН ВЕГА2» с приставкой для ЭДС, определялся состав и морфология минеральных частиц в горизонтах с повышенными значениями Irs. Отметим, что проведение количественных определений минерального и, тем более, космогенного вещества в горизонтах торфяных отложениях задача сложная и окончательно не решенная. Тем не менее, значения параметра Irs, безусловно, связаны с количеством минерального вещества, содержащегося в образцах торфа. Сочетание петрофизических методов и сканирующей электронной микроскопии позволило определять горизонты, обогащенные, космогенным веществом, а также делать заключения об изменениях его количества.

Особый интерес вызвал микрозондовый анализ областей с низкими значениями Irs. Оказалось, что в этих зонах практически нет терригенного магнитного материала. Были обнаружены Mt сферической формы с детритовой поверхностью, а также самородное Fe другие самородных металлов. Эти находки были отнесены к КП и микрометеоритам (ММ). Для послойного анализа использовалось очень небольшое количество торфа (около 8 куб. см), что не позволяло выделить достаточное количество частиц, поэтому было решено отработать методику выделения микрочастиц из большего количества торфа (1000 куб. см). В результате эксперимента было выделено: около 5 мг магнитного и 40 мг немагнитного вещества различного происхождения. При этом магнитное вещество было представлено в основном Mt микросферами, самородным Fe и интерметаллидами (FeCr, FeW) предположительно космического происхождения. Однако подобные частицы могут образовывать при других процессах, поэтому важно иметь различные доводы в пользу этой гипотезы.

Найденный Mt имеет хорошо развитую детритовую поверхность и может быть отнесен к «космическим» шарикам, которые многократно описаны в сотнях научных публикаций. Они образовывались в процессе абляции при полете метеоритов через атмосферу. Известен механизм образования таких шариков в коре плавления из троилита. Через кору плавления могли образовываться и частицы самородного Fe. Механизмы этих процессов описаны [Цельмович, 2015; Цельмович и др., 2016]. Объяснению космогенной природы самородного Fe посвящен цикл из 14 работ [Печерский Д.М. и др., 2006-2017], в которых микрозондовые работы по диагностике КП были выполнены Цельмовичем В.А.

Частицы Fe можно условно разделить на две группы по размерам: до 50 мкм и более 50 мкм. Известно, что частицы до 50 мкм при полете ММ через атмосферу не нагреваются. Действительно, все мелкие частицы имеют резкие, угловатые формы, в то время как частицы размером более 50 мкм имеют явные признаки плавления. Эти доводы также работают в пользу гипотезы их космического происхождения. Частицы самородного Fe могли

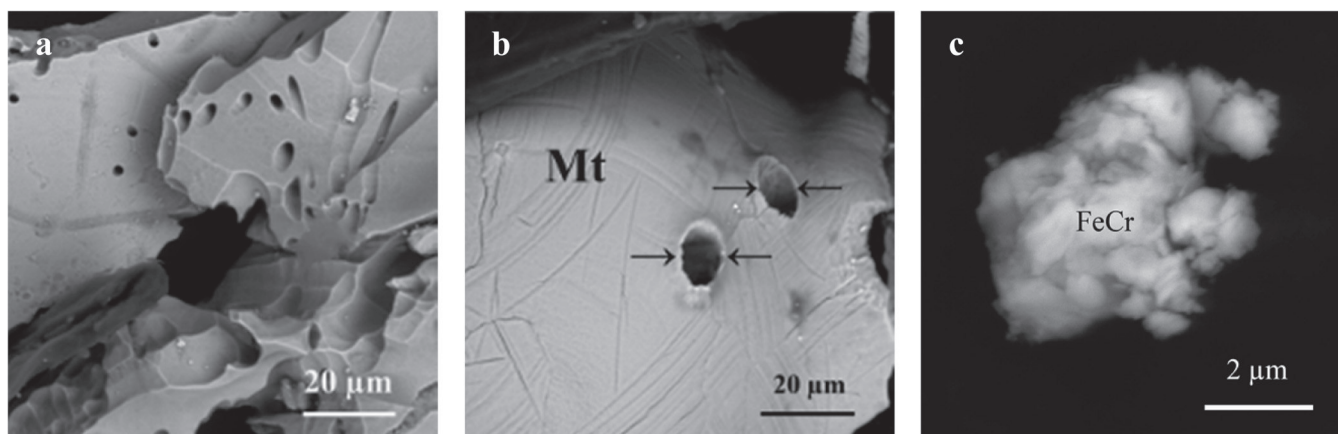


Рис. 1. а) Треки в частице из шрейберзита, б) Треки в частице Mt из торфа, метеорит Сан Жулиао Де Мореира; в) КП, FeCr из голубого льда, Антарктида

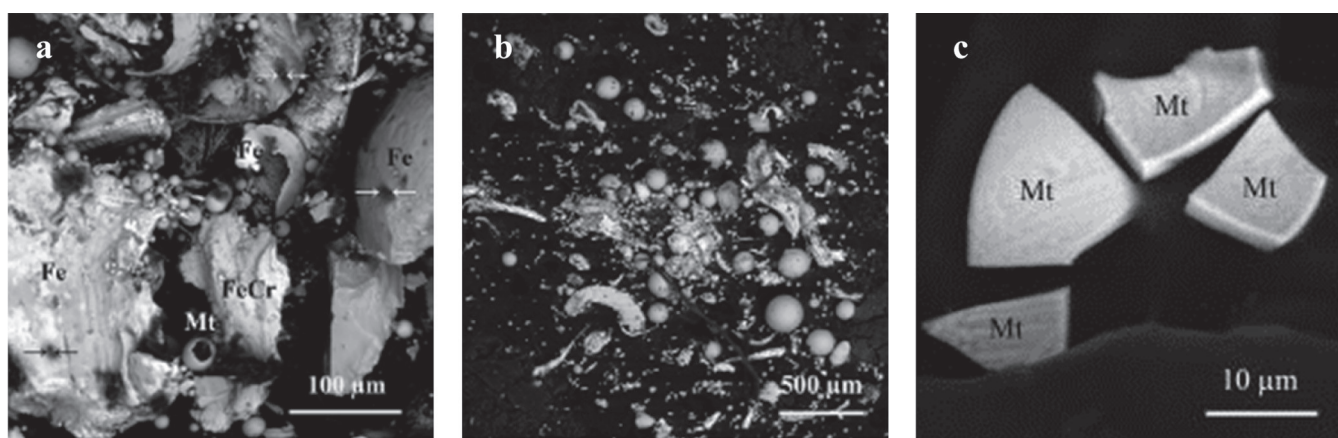


Рис. 2. Mt шарики и Fe из различных горизонтов торфяной залежи: а) горизонт 70 см: Mt, Fe; б) горизонт 120 см: Mt, Fe, FeCr; в) Обломки Mt шара, торф, ТКТ

иметь и вулканическое происхождение. Однако есть доводы против:

1. В проанализированных слоях (горизонты 50, 60, 70, 100 и 120 см из Мокеиха-Зыбинского торфяного месторождения, Ярославская область) имеется примерно одинаковое количество частиц Fe, относительно равномерно поступающих «сверху». Вулканическое железо поступает импульсно, и было бы зафиксировано, как маркер катастрофического явления.
2. В районе этого торфяника нет действующих вулканов. Обнаруженные частицы такого размера относятся к крупным, и они не могут переноситься на столь дальние расстояния, поэтому версия о вулканическом материале несостоятельна.
3. Некоторые из частиц Fe имеют весьма характерные треки размером в несколько мкм (рис.1). Треки представляют из себя отверстия микронного размера, которые пронизывают частицы под разными углами, что отражает вращение относительно массивных частиц при их «обстреле» высокоскоростными микрочастицами. Подобные треки

наблюдались автором при анализе метеорита 7428 (Сан Жулиао Де Мореира) из коллекции музея им. Вернадского РАН. Такие структуры могли возникнуть при столкновении с роями высокоскоростных микрочастиц. Аналогичные треки были обнаружены на поверхности силиката из этого же метеорита, в частице хромшпинели осадка из Рыбинского водохранилища, в частице шрейберзита из астроблемы Цэнхэр. На рис.2а,б приведены микрофотография магнитных микрочастиц, выделенных из торфа, Мокеиха-Зыбинского месторождения, горизонты 70 и 120 см. Схожие результаты получены автором и на горизонтах 50, 60, и 100см, а также на торфяных месторождениях Кемеровской области и Хабаровского края, из торфа с места падения Тунгусского космического тела (ТКТ), из плейстоценового разреза (рис.3), из голубого льда (Антарктида). На всех горизонтах обнаружено значительное количество Mt шариков, самородного Fe и интерметаллидов FeCr. Это свидетельствует о едином механизме накопления ископаемой КП в самых разных средах.

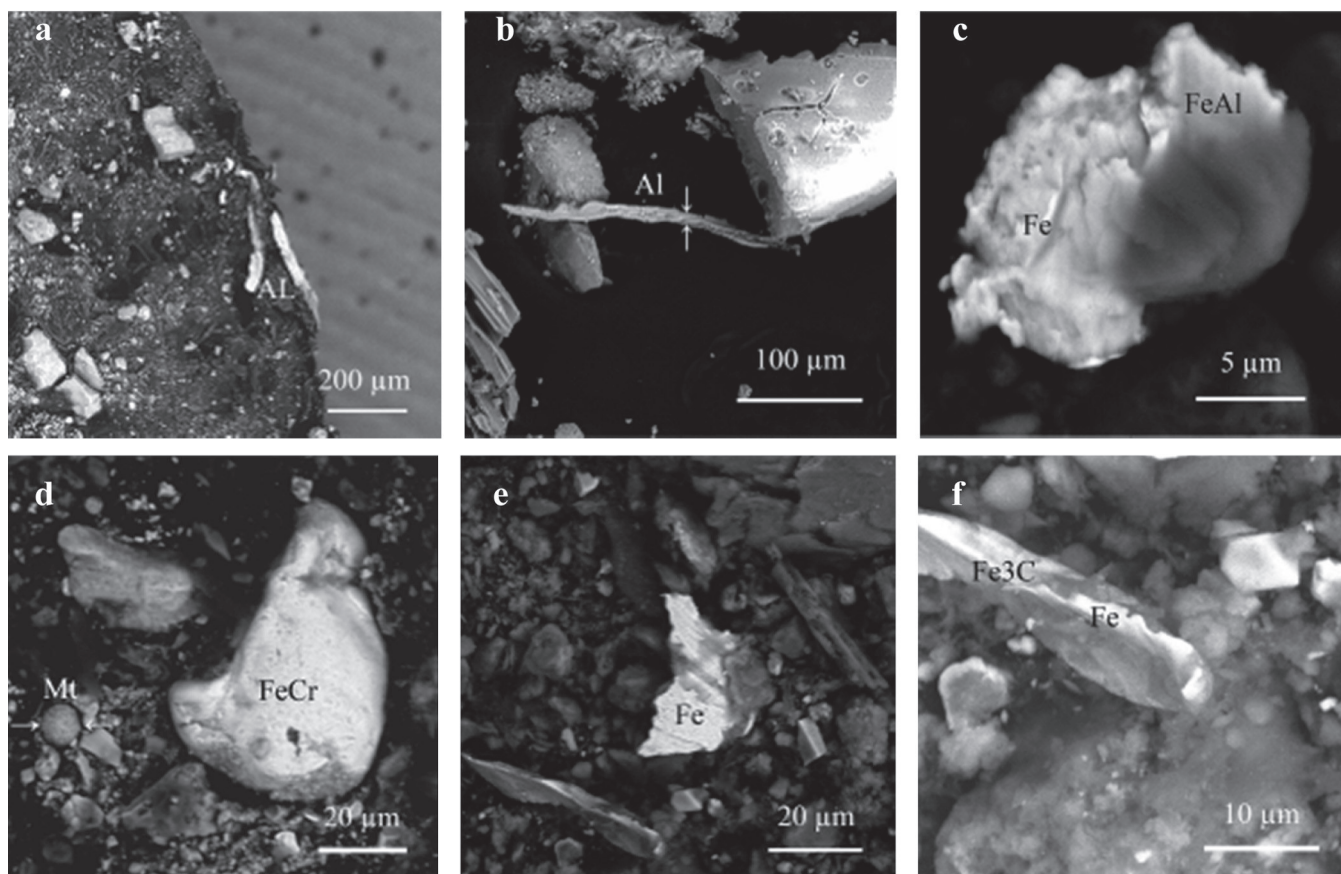


Рис. 3. КП из плейстоценового разреза: а), b), c) – Al, Fe-FeAl; d), e), f) – Fe, Fe₃C

Этот факт можно использовать в климатических реконструкциях: в холодном климате соотношение терригенного вещества и КП меняется в пользу КП.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, проект 16-05-00703а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Печерский Д.М., Кузина Д.М., Нургалиев Д.К., Цельмович В.А. Единая природа самородного железа в Земных породах и метеоритах. Обобщение данных микронзондового и термомагнитного анализов // *Физика земли*, 2015, № 5, с. 140–155.
2. Печерский Д.М., Кузина Д.М., Марков Г.П., Цельмович В.А. Самородное железо на Земле и в космосе // *Физика Земли*. 2017 № 5. с. 44-62.
3. Цельмович В.А. Возможности микроскопической диагностики космической пыли в торфе. “Метеориты, астероиды, кометы” Мат. междунар. конференции и школы молодых ученых “ЧЕБАРКУЛЬ 2015”. Издательство “ТЕТА”, г. Челябинск. Стр. 193-196.
4. Цельмович В.А. Куражковский А.Ю. Казанский А.Ю., Щетников А.А., Бляхарчук Т.А., Амелин И.И. Использование торфяных отложений для исследования катастрофических событий в голоцене // Мат. междунар. школы-семинара «Проблемы палеомагнетизма и магнетизма горных пород» / ФГБУН ИФЗ РАН, СПбГУ – Ярославль: Филигрань, 2016. С. 148-153.